

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Perancangan Alat Filtrasi Mikroalga

Perancangan alat untuk filtrasi mikroalga ini menggunakan membran ultrafiltrasi dan dirancang dengan metode *dead end*. Metode *dead end* adalah metode penyaringan secara tegak lurus menghasilkan *permeat* dan *retentate* yang akan tertahan pada lembaran membran *flat sheet*. Pada alat filtrasi mikroalga ini menggunakan pompa untuk menghisap mikroalga yang terdapat di akurium sehingga dapat melewati membran. Selain pompa, tedapat komponen alat filtasi mikroalga lainnya seperti membran ultrafiltrasi berbahan *polietersulfon*, selang, frame membran berbahan akrilik, konekor selang, manometer dan aerator. Beberapa peralatan penunjang lainnya yang digunakan seperti bak plastik, gelas ukur, dan *stopwatch*.



**Gambar 4.1** Desain Alat Filtrasi Mikroalga

Membran yang digunakan dalam penelitian ini merupakan membran ultrafiltrasi berbahan *polietersulfon*. Alasan pemilihan jenis membran ini bertujuan untuk memisahkan mikroalga dengan media tumbuhnya. Membran *polietersulfon* yang digunakan memiliki ukuran pori-pori sebesar 0.45 mikron. Pada membran ultrafiltrasi dengan ukuran 0.45 mikron dapat memisahkan padatan tersuspensi dan pelarut dengan berat molekul tinggi tertahan, sedangkan air dan pelarut dengan berat molekul rendah melewati membran (Aslamiah, 2006).

Selain membran, ada pula komponen utama yang dibutuhkan yaitu pompa. Pompa yang digunakan pada penelitian ini jenis pompa air listrik yang berfungsi untuk menghisap mikroalga dari dalam akuarium sehingga dapat melewati membran. Selain untuk menghisap, pompa tersebut juga dapat mempercepat proses filtrasi dengan pengaturan tekanan. Untuk mengatur tekanan pada keluaran, maka diberi manometer untuk mengetahui besarnya tekanan aliran yang dikeluarkan. Penghubung antara pompa dan membran yaitu selang plastik, dan terdapat konektor selang yang digunakan untuk menghubungkannya agar tidak terjadi kebocoran atau adanya udara yang masuk.

Pada membran dilengkapi dengan *frame* akrilik, agar membran tidak mudah robek dan tetap utuh saat proses filtrasi berlangsung. *Frame* akrilik yang digunakan yaitu berukuran 10 mm dan untuk penjepit depan membran menggunakan akrilik berukuran 3 mm. Membran yang digunakan untuk filtrasi berukuran 19,7 cm x 14 cm, karena pada saat proses filtrasi membran dilengkapi dengan penjepit *pack kertas* maka pada sisi atas, bawah, kanan dan kiri diberi *space* sebesar 3 cm x 2 cm. Jadi total luasan membran yang digunakan untuk memfiltrasi yaitu sebesar 13,7 cm x 10 cm.

Alat penelitian ini terdapat akuarium yang digunakan sebagai tempat *feed* mikroalga, terdapat pula selang untuk menghubungkan antara pompa ke membran dan selang yang digunakan sebagai keluaran *permeat*. Ada aerator yang berfungsi sebagai penyusuplay udara untuk menghasilkan gelembung, yang disambungkan melalui selang kecil ke pipa yang telah diberi lubang sesuai diameter yang dibutuhkan. Adapun dimensi alat dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### **4.2 Kultivasi Mikroalga *Chlorella vulgaris***

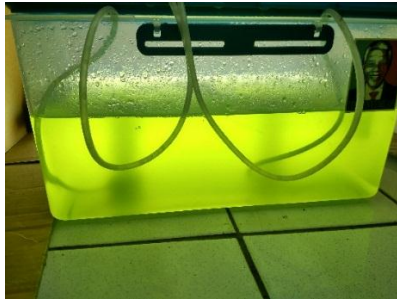
Kultivasi mikroalga *Chlorella vulgaris* ini dilakukan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Ketektikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Kultur *Chlorella vulgaris* di dapatkan dari Balai Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo. Media kultur yang digunakan dalam kultivasi *Chlorella vulgaris* yaitu menggunakan air laut yang telah di steriralkan.

Tahap awal dari kultivasi mikroalga ini yaitu menyiapkan peralatan yang akan digunakan. Pertama sterilisasi air laut sangat penting dilakukan sebelum digunakan dalam kultivasi, tujuannya agar menghilangkan kontaminan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroalga. Proses sterilisasi dilakukan dengan merebus air laut. Perebusan bertujuan untuk membunuh bakteri, jamur yang terdapat pada air laut. Setelah dilakukan perebusan selanjutnya air laut dipindahkan kedalam *bottle glass* atau *box* sebagai tempat kultivasi dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian setelah media kultivasi telah siap digunakan selanjutnya masukkan bibit *Chlorella vulgaris* selanjutnya ditambahkan pupuk dan vitamin. Pupuk yang digunakan yaitu pupuk walne. Vitamin yang digunakan dalam skala laboratorium ini yaitu terdiri dari B1 dan B12. Adapun penggunaannya sebanyak 1 ml setiap 1000 ml media kultur atau

1:1000 dari volume media kultur. Setelah media kultur siap dikultivasi tutup *bottle glass* dengan plastik bening. Mikroalga pada bottle glass di kultivasi selama 4-7 hari. Gambar 4.2 dibawah ini merupakan gambar *Chlorella vulgaris* saat dikultivasi pada skala laboratorium.



(a)



(b)

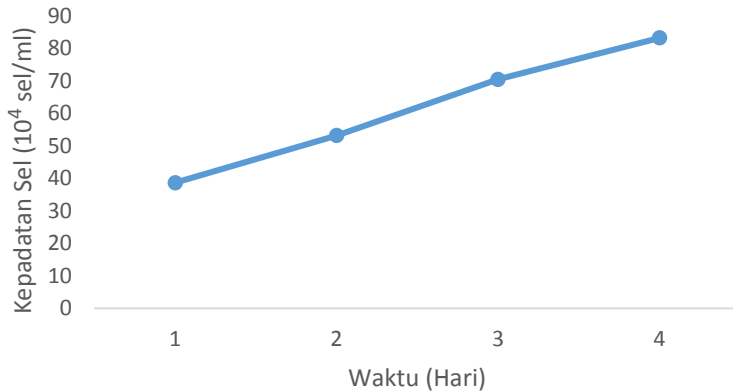
**Gambar 4.2** Kultivasi *Chlorella vulgaris* Skala Laboratorium

(a) Menggunakan *Bottle glass*

(b) Menggunakan *Box*

#### **4.2.1 Kepadatan Sel Mikroalga *Chlorella vulgaris* pada Kultivasi Mikroalga**

Pertumbuhan mikroalga memiliki beberapa fase yaitu fase lag, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Grafik pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 4.3:



**Gambar 4.3** Grafik Pertumbuhan Kepadatan Sel *Chlorella vulgaris*

Pada kultivasi mikroalga ini, memiliki waktu kisaran 4-7 hari. Pada penelitian ini menggunakan waktu 4 hari untuk kultivasi mikroalga. Kepadatan awal pada hari ke 1 atau pada fase adaptasi sebanyak  $38.59 \times 10^4$  kemudian pada hari berikutnya secara berturut-turut naik yaitu  $53.15 \times 10^4$ ;  $70.44 \times 10^4$ ; dan  $83.19 \times 10^4$  sel/ml.

Kultivasi pada hari ke-0 merupakan fase adaptasi dimana terdapat penyesuaian terhadap kenaikan kepadatan sel karna mikroalga masih menyesuaikan dengan lingkungan yang baru. Hari ke-1 pada kultivasi mikroalga ini yaitu memasuki fase eksponensial dimana pada fase ini kepadatan sel nya akan meningkat perlahan. Pengamatan untuk mengetahui kepadatan sel dilakukan setiap 24 jam sekali. Pada hari ke-1 hingga hari ke-3 terjadi kenaikan sel. Fase ini masih terjadi peningkatan kepadatan sel tetapi akan mulai terjadi penurunan laju pertumbuhan karena adanya kompetisi yang tinggi dalam media kultur dan zat makanan yang tersedia. Menurut Amini dan Djamin (2007), penurunan dan laju

pertumbuhan sel pada mikroalga dikarenakan menurunnya konsentrasi nutrient pada media perumbuhan dan kelimpahan sel sudah opimal sehingga peluang yntuk pembelah sel sudah tidak ada lagi hingga menuju kematian. Pada penelitian ini alasan mengapa mengkulivasi mikroalganya hanya dalam waktu 4 hari, karena pada saat filtrasi, mikroalga masih dalam fase tumbuh.

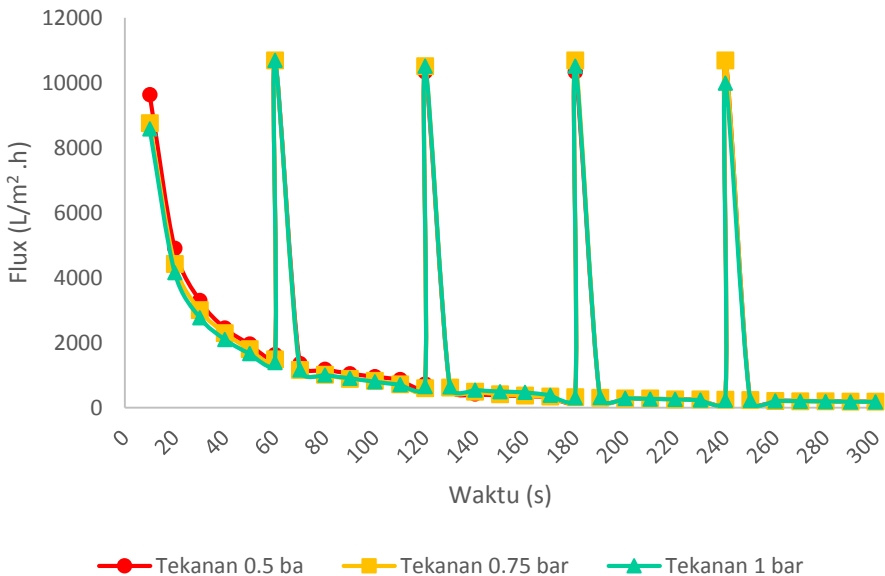
#### **4.3 Filtrasi Mikroalga *Chlorella vulgaris***

Filtrasi mikoalga ini menggunakan sistem *dead end*. Mikroalga *Chlorella vulgaris* sebanyak 3L dilarutkan dengan air sebanyak 21L kemudian dihisap menggunakan pompa yang akan melewati membran ultrafiltrasi. Tekanan operasi yang digunakan pada filtrasi ini yaitu 0.5 bar, 0.75 bar dan 1 bar. Mikroalga akan tertahan melalui membran dan *permeat* yang keluar akan diukur volumenya setiap 10 detik untuk dilakukan analisis akumulasi *permeat*. Akumulasi *permeat* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui ketahanan pada membran ultrafiltrasi berbahan *polietersulfon*. Mikroalga yang tertahan didalam membran diambil atau dikeluarkan dengan cara di *backwash*. Tetapi cara *backwash* hanya dilakukan pada kontrol saja mengikuti tekanan pompa. Selanjutnya untuk variasi lain yaitu menggunakan aerasi, dimana penggunaan aerasi ini yang membedakan pada diameter untuk penghasil gelembung dibedakan, yaitu 0.7 mm dan 1 mm dan mengatur tekanan yang digunakan yaitu 0.5 bar, 0.75 bar, dan 1 bar.

##### **4.3.1 Pengaruh Pemberian *Backwash* Terhadap Flux**

Nilai flux akan dipengaruhi oleh luas membran yang digunakan, volume *permeat* yang dihasilkan, dan waktu operasinya. Perlakuan yang diberikan *backwash* hanya pada kontrol saja. Perlakuan *backwash* dibandingkan dengan ketiga tekanan yang berbeda, yakni 0.5 bar, 0.75 bar dan 1 bar. Pengamatan yang dilakukan pada nilai flux yang dihasilkan.

Berikut adalah gambar grafik tentang pengaruh pemberian *backwash*, dapat dilihat pada Gambar 4.4:



**Gambar 4.4** Pengaruh Pemberian *Backwash* pada Nilai Flux

Berdasarkan Gambar 4.4, terlihat bahwa perbedaan tekanan yang diberikan menghasilkan nilai flux yang tidak jauh berbeda. Semakin kecil tekanan yang digunakan maka menyebabkan volume *permeat* yang dihasilkan juga semakin besar, sehingga proses filtrasi berjalan cepat. Karena tekanan yang digunakan ini adalah mengatur tekanan aliran pada selang *permeat*. Dari ketiga tekanan yang digunakan, tekanan 0.5 bar memiliki nilai flux lebih besar dibandingkan tekanan 0.75 bar dan 1 bar.

Pemberian perlakuan *backwash* ini dilakukan setelah proses filtrasi sebanyak 6 kali, pada masing-masing variasi tekanan yang digunakan. Banyaknya pemberian *backwash* disebabkan semakin kecilnya volume *permeat* yang dihasilkan, karena banyaknya mikroalga yang menempel pada membran.

*Backwash* dilakukan selama 10 detik sekali dengan menggunakan air tawar. Pemberian *backwash* bertujuan untuk pembersihan mikroalga yang berada dipermukaan membran agar tidak menyumbat dinding membran, sehingga setelah dilakukannya *backwash* volume *permeate* yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Berdasarkan gambar 4.4 terlihat bahwa pada tekanan 0.5 bar diawal sebelum *backwash* relatif tinggi, dibandingkan dengan nilai flux pada tekanan 0.75 bar dan 1 bar. Tetapi setelah dilakukan filtrasi sebanyak 6 kali terlihat relatif menurun sehingga perlu dilakukannya *backwash*. Pada tekanan 0.5 bar, 0.75 bar dan 1 bar nilai flux mengalami penurunan dari 10 detik pertama hingga 10 detik keenam. Setelah mengalami penurunan tersebut, perlu dilakukannya *backwash* selama 10 detik dengan tekanan mengikuti tekanan pompa. Pada tekanan 0.5 bar sebelum dilakukan *backwash* nilai flux awal hasil dari pertama filtrasi adalah 9635.12 L/m<sup>2</sup> h, kemudian pada 10 detik kedua hingga 10 detik keenam nilai flux relatif menurun sehingga dilakukan *backwash*. Menurut (Anisa, 2016) Volume *permeate* awal setelah dilakukannya *backwash* relatif meningkat dari volume *permeate* pada menit sebelumnya, kemudian pada menit kedua hingga menit kesepuluh menurun kembali.

Pada tekanan 0.75 bar nilai flux yang dihasilkan pada awal sebelum dilakukannya *backwash* dengan nilai flux sebesar 8759.03 L/m<sup>2</sup> h, kemudian pada 10 detik kedua hingga 10 detik keenam mengalami penurunan maka dari itu perlu dilakukannya *backwash*. Setelah dilakukannya *backwash*, volume *permeate* meningkat dari volume sebelumnya. Meningkatnya volume *permeate* setelah *backwash* karena mikroalga yang menempel pada permukaan membran telah dikeluarkan sehingga mempermudah proses filtrasi selanjutnya. Menurunnya nilai flux dari 10 detik kedua hingga 10 detik keenam dikarenakan pada permukaan membran telah terpenuhi dengan mikroalga yang



telah terhisap oleh pompa dan yang mempengaruhi nilai flux yaitu dipengaruhi oleh fungsi waktu.

Nilai flux pada tekanan 1 bar ini seperti pada kedua tekanan yang lainnya, yaitu mengalami penurunan nilai flux pada 10 detik kedua hingga 10 detik keenam. Nilai flux awal yaitu 8584.02 L/m<sup>2</sup> h. Pada tekanan 1 bar ini nilai flux awal termasuk yang paling rendah diantara tekanan 0.5 bar dan 0.75 bar.

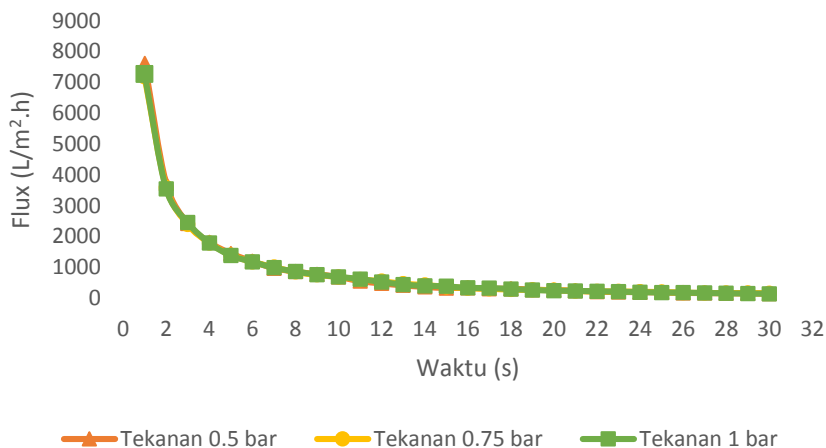
Berdasarkan Gambar 4.4, nilai flux sangat dipengaruhi oleh tekanan operasi. Semakin tinggi tekanan operasi maka semakin kecil pula nilai flux yang dihasilkan dan semakin lama pula waktu operasinya. Ini dikarenakan tekanan yang digunakan adalah tekanan aliran, bukan pada tekanan pompa. Hasil yang didapat ini belum sesuai dengan teori yang ada, karena pada teori menggunakan tekanan pompa yang jika semakin tinggi tekanan operasi yang diberikan maka dapat meningkatkan waktu fluida. Menurut (Anisa, 2012) Metode umum untuk membangkitkan kecepatan geser maupun turbulensi yang tinggi diperlukan untuk memperkecil lapisan *fouling*, adalah dengan menaikkan kecepatan fluida, kecepatan resirkulasi maupun memperkecil ukuran saluran dari aliran fluida.

#### **4.3.2 Pengaruh Pemberian Aerasi Terhadap Nilai Flux**

Proses filtrasi yang dilakukan dengan pemberian aerasi secara tidak langsung dapat membantu proses filtrasi. Dikarenakan gelembung-gelembung udara yang dikeluarkan dari pipa yang telah disambungkan dengan aerator akan mengurangi menempelnya mikroalga selama proses filtrasi. Dengan pemberian gelembung aerasi ini bertujuan untuk membantu mikroalga yang menempel pada permukaan membran dapat segera hilang atau keluar sehingga lebih mudah untuk melakukan proses filtrasi selanjutnya.

Pemberian aerasi ini memiliki dua variasi diameter lubang untuk penghasil gelembung, yaitu 0.7 mm dan 1 mm. Aerasi yang

diberikan pada penelitian ini dipasang pada dasar akuarium, dan pada pipa yang diberi lubang sesuai dengan diameter yang telah ditentukan. Gelembung yang dihasilkan melalui pipa disambungkan dengan aerator melalui sebuah selang. Berikut ini gambar grafik tentang pengaruh pemberian aerasi dengan diameter 0.7 mm terhadap nilai flux, dapat dilihat pada Gambar 4.5:



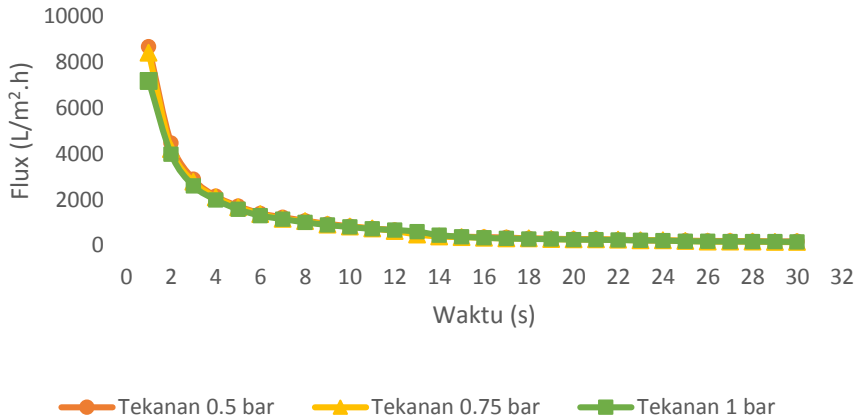
**Gambar 4.5** Pengaruh Pemberian Aerasi dengan Diameter 0.7mm Terhadap Nilai Flux

Berdasarkan gambar 4.5 terlihat bahwa tidak terlalu adanya perbedaan yang terjadi pada ketiga tekanan yang diberikan. Terdapat sedikit perbedaan pada volume awal di 10 detik pertama. Pada tekanan 0.5 bar didapatkan nilai flux pada 10 detik pertama yaitu sebesar  $7620.43 L/m^2 h$ , dan untuk 10 detik selanjutnya mengalami penurunan hingga 10 detik terakhir. Sedangkan untuk tekanan 0.75 bar didapatkan nilai flux divolume awal pada 10 detik pertama yaitu sebesar  $7182.39 L/m^2 h$  dan terjadi penurunan secara berturut-turut dari 10 detik

kedua hingga 10 detik terakhir. Kemudian pada tekanan 1 bar didapatkan nilai flux sebesar 7270.15 L/m<sup>2</sup> h, dan mengalami penurunan secara berturut-turut pada 10 detik kedua hingga 10 detik terakhir.

Pada ketiga tekanan yang diberikan pada proses filtrasi, tekanan 0.5 memiliki waktu operasi lebih panjang, dibandingkan dengan tekanan 1 bar sedangkan untuk tekanan 0.75 bar memiliki waktu yang lebih singkat lagi dibandingkan dengan tekanan 0.5 bar dan 1 bar. Waktu operasi pada tekanan 0.5 bar dikarenakan perlakuan ini merupakan perlakuan awal yang dilakukan dibandingkan dengan perlakuan lain. Pada perlakuan pertama, kondisi membran masih dalam keadaan baik dan belum mengalami *fouling* sehingga memiliki performalitas yang baik untuk melakukan filtrasi dan menghasilkan filtrasi dengan waktu filtrasi singkat dengan masukan yang sama. Dari awal filtrasi hingga detik terakhir nilai flux pada filtrasi dengan pemberian aerasi ini mengalami penurunan karena membran mengalami penyumbatan. Menurut (Anisa, 2012), penyumbatan terjadi karena volume *slurry* mikroalga yang ada di dalam membran memenuhi semua area membran sehingga menutupi area filtrasi mikroalga.

Selain menggunakan variasi aerasi berdiameter 0.7 mm juga menggunakan aerasi berdiameter 1 mm. Pada variasi aerasi berdiameter 1 mm ini juga menggunakan tekanan yang sama yaitu 0.5 bar, 0.75 bar dan 1 bar. Berikut ini gambar grafik tentang pengaruh pemberian aerasi dengan diameter 1 mm terhadap nilai flux, dapat dilihat pada Gambar 4.6:



**Gambar 4.6** Pengaruh Pemberian Aerasi dengan Diameter 1 mm Terhadap Nilai Flux

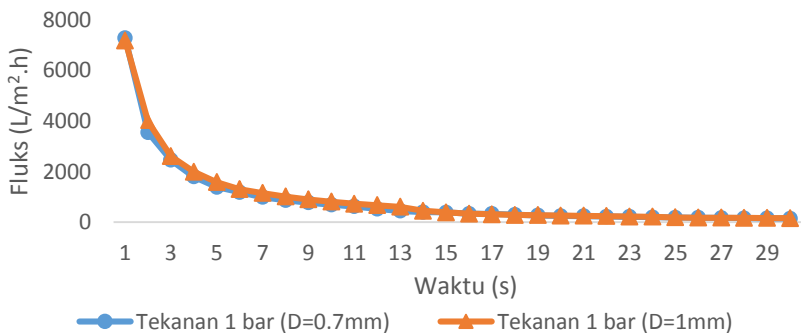
Berdasarkan Gambar 4.6 diatas pada proses filtrasi dengan menggunakan aerasi berdiameter 1 mm terlihat perbedaan nilai flux. Pada tekanan 0.5 bar didapatkan nilai flux pada 10 detik pertama sebesar  $8671.53 L/m^2 h$  tetapi pada 10 detik kedua hingga detik terakhir menurun secara berturut-turut, sedangkan untuk tekanan 0.75 bar didapatkan nilai flux di 10 detik pertama sebesar  $8408.75 L/m^2 h$ , untuk 10 detik kedua hingga detik terakhir mengalami penurunan secara berturut-turut. Pada tekanan 1 bar didapatkan nilai flux di 10 detik pertama sebesar  $7173.72 L/m^2 h$ , untuk 10 detik kedua hingga detik terakhir mengalami penurunan secara berturut-turut. Pada ketiga tekanan yang digunakan, terlihat pada grafik perbedaan nilai flux yang dihasilkan.

Pada tekanan 0.5 bar menghasilkan nilai flux lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan 0.75 bar dan 1 bar. Ini di karenakan pada perlakuan tekanan 0.5 bar merupakan perlakuan pertama, kondisi membran masih dalam keadaan baik dan belum mengalami *fouling* sehingga memiliki

performalitas yang baik untuk melakukan filtrasi dan menghasilkan filtrasi dengan waktu filtrasi singkat dengan masukan yang sama. Dari awal filtrasi hingga detik terakhir nilai flux pada filtrasi dengan pemberian aerasi ini mengalami penurunan karena membran mengalami penyumbatan. Penurunan ini dikarenakan terjadinya penyumbatan pada membran, yang menjadikan kinerja membran pada saat filtrasi menurun. Penyumbatan diduga disebabkan oleh zat terlarut seperti garam. Pada zat terlarut yang berpotensi dalam penyumbatan membran memiliki ukuran 0.01-0.001  $\mu\text{m}$ , sedangkan ukuran pori membran yang digunakan adalah 0.45  $\mu\text{m}$ . Penyumbatan ini termasuk dalam *pore blocking*. Proses *pore blocking* terjadi karena adanya perpindahan solut dari permukaan membran ke dalam material membran (pori-pori membran) dan selanjutnya terjadi pemblokiran ataupun penyempitan ukuran pori membran (Redjeki, 2011).

#### 4.3.3 Perbedaan Penggunaan Aerasi Antara Diameter 0.7 mm dan Diameter 1 mm

Berikut dibawah ini perbedaan pengaruh penggunaan aerasi antara diameter 0.7 mm dan diameter 1 mm dapat dilihat pada Gambar 4.7:

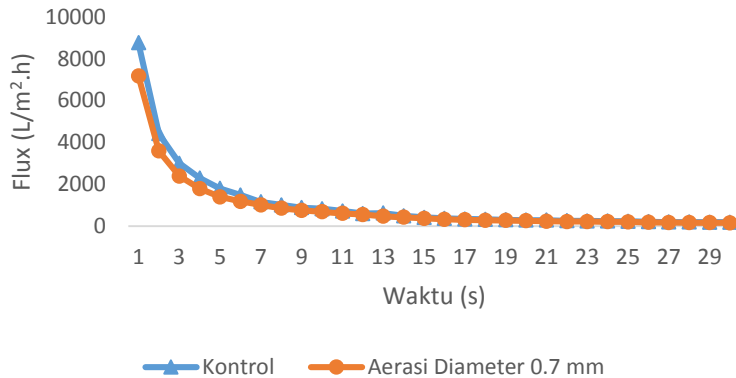


**Gambar 4.7** Perbedaan Aerasi Diameter 0.7 mm dan Diameter 1 mm Pada Tekanan 1 bar

Pada penelitian filtrasi mikroalga ini menggunakan aerasi dengan diameter yang divariasikan yaitu 0.7 mm dan 1 mm. Terlihat adanya perbedaan pada nilai flux yang didapatkan. Pada lubang aerasi 0.7 mm didapatkan nilai flux di tekanan 1 bar sebesar 7270.15 L/m<sup>2</sup> h di 10 detik pertama, sedangkan pada lubang aerasi 1 mm didapatkan nilai flux di tekanan 1 bar yaitu sebesar 7173.72 L/m<sup>2</sup>h pada 10 detik pertama. Pada kedua diameter aerasi terlihat terjadi perbedaan ini dikarenakan gelembung yang dikeluarkan juga berbeda. Pada aerasi berdiameter 0.7 mm gelembung yang dihasilkan lebih banyak daripada aerasi berdiameter 1 mm. Dari penelitian yang telah dijalankan, didapatkan hasil yang sesuai dengan ada. Semakin kecil diameter aerasi maka *fouling* yang dihasilkan sedikit, karena gelembung yang dihasilkan dari aerasi semakin banyak daripada diameter lubang aerasi yang besar. Sedangkan jika semakin besar diameter lubang aerasi maka *fouling* yang dihasilkan semakin banyak.

#### **4.3.4 Perbedaan Penggunaan *Backwash* Dengan Aerasi Diameter 0.7 mm**

Berikut dibawah ini perbedaan pengaruh penggunaan *backwash* dengan aerasi diameter 0.7 mm dapat dilihat pada Gambar 4.8:

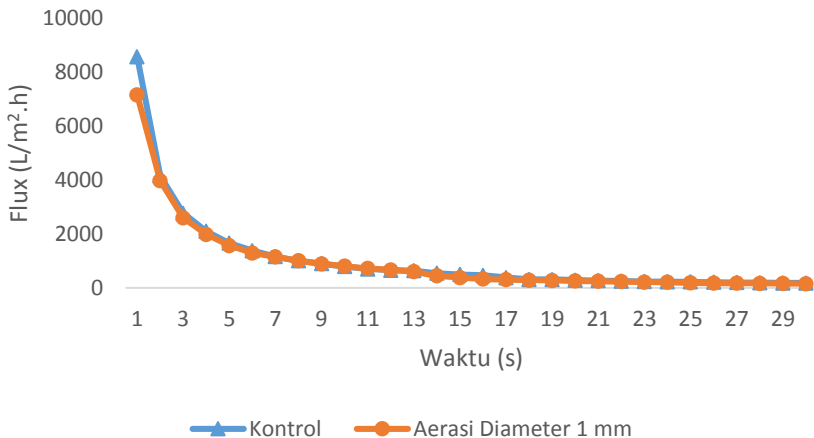


**Gambar 4.8** Perbedaan Penggunaan Backwash dengan Aerasi Diameter 0.7 mm Pada Tekanan 0.75 bar

Berdasarkan gambar 4.8 diatas pada perbedaan penggunaan *backwash* dengan aerasi diameter 0.7 ini yang akan dibandingkan yaitu pada tekanan 0.75 bar. Dengan diameter aerasi 0.7 mm. Terlihat perbedaan nilai flux pada *backwash* dan dengan aerasi. Pada *backwash* didapatkan nilai awal flux sebesar 8584.02 L/m<sup>2</sup>h di 10 detik pertama. Sedangkan untuk perlakuan aerasi didapatkan nilai flux sebesar 7273.72 L/m<sup>2</sup>h di 10 detik pertama. Pada kedua grafik diatas terlihat perbedaan pada yang menggunakan *backwash* setelah 6 kali filtrasi dilakukan *backwash* yang bertujuan untuk menghilangkan *fouling* yang menempel ataupun penyumbatan pada pori-pori membran. Sedangkan dengan sistem aerasi diberi *suplay* udara dibantu dengan aerator, tujuannya agar gelembung-gelembung yang diberikan menghilangkan *fouling* pada permukaan membran, sehingga tidak terjadinya penyumbatan pada pori-pori membran selama proses filtrasi. Dengan diberikannya aerasi hasil flux yang dihasilkan lebih relatif stabil sedangkan dengan perlakuan *backwash* cenderung mengalami hasil fluktuatif.

#### 4.3.5 Perbedaan Penggunaan *Backwash* Dengan Aerasi Diameter 1 mm

Berikut dibawah ini perbedaan pengaruh penggunaan *backwash* dengan aerasi diameter 1 mm dapat dilihat pada Gambar 4.9:



**Gambar 4.9** Perbedaan Penggunaan *Backwash* Dengan Aerasi Diameter 1 mm Pada Tekanan 1 bar

Berdasarkan gambar 4.9 diatas dimana dilakukan perbedaan pada penggunaan *backwash* dengan pemberian aerasi. Dimana pada grafik diatas dilakukan perbandingan dengan tekanan yang sama yaitu 1 bar. Pada penggunaan *backwash* didapatkan nilai flux awal pada 10 detik pertama sebesar 8584.02 L/m<sup>2</sup> h. Sedangkan pada pemberian aerasi didapatkan nilai flux awal pada 10 detik pertama sebesar 7173.72 L/m<sup>2</sup> h. Pada kedua grafik diatas terlihat perbedaan dimana pada nilai awal flux terlihat lebih tinggi pemberian *backwash* dibandingkan dengan aerasi. Pada perlakuan *backwash* dilakukan pada setiap 6 kali sekali pada saat filtrasi. Pada aerasi



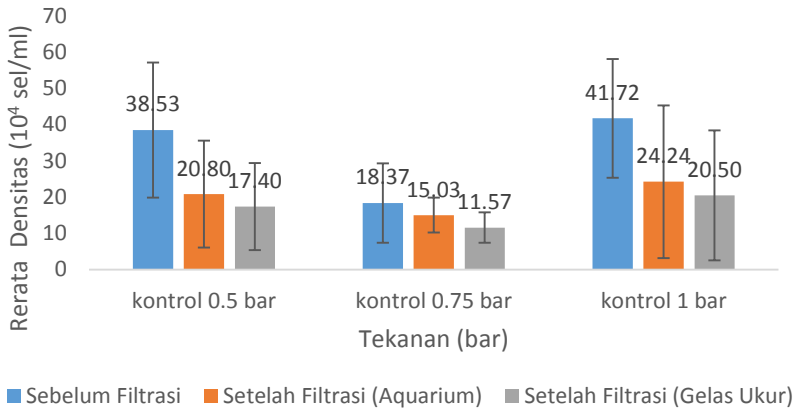
diberi perlakuan sejak awal di mulainya filtrasi hingga selesai. Dengan diberikannya aerasi hasil flux yang dihasilkan lebih relatif stabil sedangkan dengan perlakuan *backwash* cenderung mengalami hasil fluktuatif.

#### **4.4 Densitas Mikroalga *Chlorella vulgaris***

Pada penelitian filtrasi mikroalga ini selain untuk mengetahui uji karakteristik membran *polyethesulfon* untuk menfiltrasi mikroalga *chlorella vulgaris* juga untuk mengetahui densitas mikoalga. Dalam penelitian ini densitas yang diuji yaitu sebelum filtrasi, setelah filtrasi (dalam akuarium), dan setelah filtrasi (dalam gelas ukur). Metode yang digunakan untuk menghitung densitas mikroalga ini menggunakan *haemocytometer* dan dibantu oleh mikroskop dengan perbesaran 10 kali. Menghitung densitas mikroalga ini yaitu pada perlakuan kontrol, aerasi dengan diameter 0.7 mm dan 1mm. Selain 3 perlakuan tersebut, menggunakan tekanan yang di variasikan yaitu tekanan 0.5 bar, tekanan 0.75 bar, dan tekanan 1 bar. Berikut diagam hasil densitas dapat dilihat dibawah ini:

##### **4.4.1 Hasil Densitas Pada Perlakuan Kontrol**

Berikut dibawah ini adalah hasil dari densitas pada perlakuan kontrol, dan dapat dilihat pada Gambar 4.10:



**Gambar 4.10** Hasil Densitas Mikroalga Perlakuan Kontrol

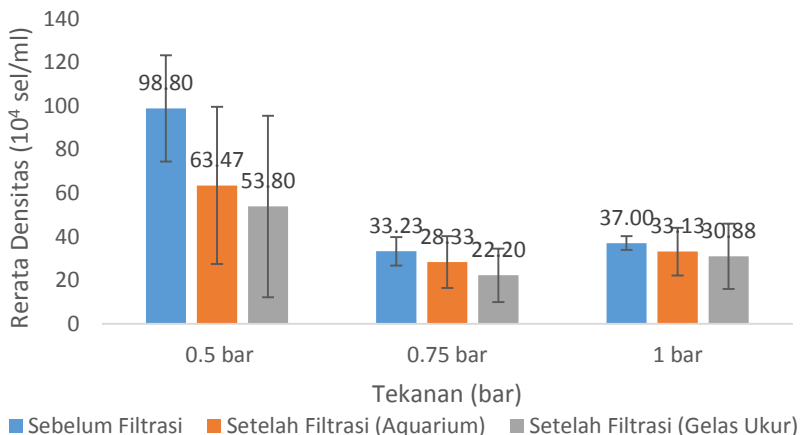
Berdasarkan gambar 4.7 merupakan diagram rerata hasil densitas sebelum dan setelah filtrasi mikroalga pada perilaku kontrol dengan menggunakan variasi tekanan filtrasi pada kontrol 0.5 bar, 0.7 bar dan 1 bar. Hasil densitas kontrol diagram diatas pada tekanan 0.5 bar sebelum filtrasi didapatkan sebesar  $38.53 \times 10^4$  sel/ml, untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan sebesar  $20.80 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan sebesar  $17,40 \times 10^4$  sel/ml. Sedangkan untuk tekanan 0.75 bar didapatkan hasil densitas sebelum filtrasi sebesar  $18.37 \times 10^4$  sel/ml, untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan sebesar  $15.03 \times 10^4$  sel/ml dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) sebesar  $11.57 \times 10^4$  sel/ml. Pada tekanan 1 bar hasil densitas sebelum filtrasi didapatkan sebesar  $41.72 \times 10^4$  sel/ml, untuk setelah filtrasi (aquarium) sebesar  $24.24 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi pada (gelas ukur) didapatkan sebesar  $20.50 \times 10^4$  sel/ml.

Pada diagram diatas terlihat bahwa ketiga tekanan pada sebelum filtrasi terlihat bahwa yang paling tinggi yaitu kontrol pada tekanan 1 bar sebesar  $38.53 \times 10^4$  sel/ml dan yang terendah yaitu pada tekanan 0.75 bar sebesar  $18.37 \times 10^4$  sel/ml. Sedangkan

untuk setelah filtrasi (aquarium) bahwa yang paling tinggi yaitu pada tekanan 1 bar sebesar  $24.24 \times 10^4$  sel/ml dan yang terendah yaitu pada tekanan 0.75 bar sebesar  $15.03 \times 10^4$  sel/ml. Kemudian untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan hasil densitas paling tinggi pada tekanan 1 bar yaitu sebesar  $20.50 \times 10^4$  sel/ml dan terendah yaitu pada tekanan 0.75 bar sebesar  $11.57 \times 10^4$  sel/ml. Pada saat filtrasi mikroalga dan saat menghitung hasil densitas mikroalga ini terjadi beberapa error atau kesalahan yang menyebabkan hasil densitas nya tidak sesuai, seperti pemakaian gelas ukur yang sama, terjadinya kebocoran pada selang untuk menghisap mikroalga.

#### 4.4.2 Hasil Densitas Pada Perlakuan Aerasi Berdiameter 0.7 mm

Berikut dibawah ini hasil dari densitas pada perlakuan aerasi berdiameter 0.7 mm, dan dapat dilihat pada Gambar 4.11:



**Gambar 4.11** Hasil Densitas Mikroalga Perlakuan Aerasi Berdiameter 0.7 mm

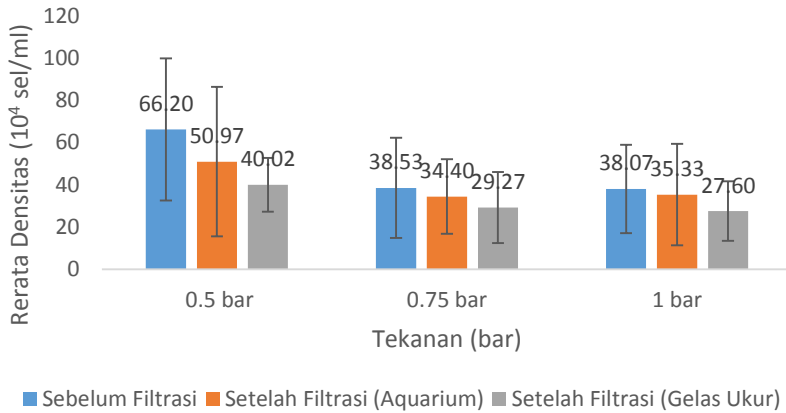
Berdasarkan gambar 4.8 diatas merupakan diagram hasil densitas dengan perlakuan aerasi berdiameter 0.7 mm, dimana

pada tekanan 0.5 bar terlihat pada diagram sebelum filtrasi didapatkan hasil densitas sebesar  $98.80 \times 10^4$  sel/ml, kemudian pada setelah filtrasi (aquarium) didapatkan sebesar  $63.47 \times 10^4$  sel/ml dan setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan hasil sebesar  $53.80 \times 10^4$  sel/ml. Pada tekanan 0.75 bar dimana telah dihitung densitas mikroalga didapatkan nilai sebelum filtrasi sebesar  $33.23 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan nilai sebesar  $28.33 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapaatkan nilai sebesar  $22.20 \times 10^4$  sel/ml. Selanjutnya pada tekanan 1 bar, didapatkan hasil densitas sebelum filtrasi yaitu sebesar  $37.00 \times 10^4$  sel/ml, untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan nilai sebesar 33.13 sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan nilai sebesar  $30.88 \times 10^4$  sel/ml.

Pada diagram diatas terlihat hasil densitas yang paling tertinggi sebelum filtrasi yaitu pada tekanan 0.5 bar sebesar 98.80 sel/ml, dan yang terendah yaitu pada tekanan 0.75 bar dan didapatkan sebesar  $33.23 \times 10^4$  sel/ml. Kemudian untuk setelah filtrasi (aquarium) yang paling tertinggi yaitu pada tekanan 0.5 bar sebesar  $63.47 \times 10^4$  sel/ml dan yang terendah yaitu pada tekanan 0.75 bar yaitu sebesar  $28.33 \times 10^4$  sel/ml. Selanjutnya untuk yang stelah filtrasi (gelas ukur) yang paling tertinggi pada tekanan 0.5 bar sebesar  $53.80 \times 10^4$  sel/ml, dan yang terendah pada tekanan 0.75 bar yaitu sebesar  $28.33 \times 10^4$  sel/ml. Pada diagram diatas hasil densitas sebelum filtrasi di tekanan 0.5 jauh lebih tinggi daripada yang lain, ini dikarenakan pada tekanan 0.5 bar adalah pelakuan petama yang menyebabkan kondisi membran masih dalam keadaan baik dan belum mengalami *fouling* sehingga performalitasnya masih baik.

#### **4.4.3 Hasil Densitas Pada Perlakuan Aerasi Berdiameter 1 mm**

Berikut dibawah ini hasil dari densitas pada perlakuan aerasi berdiameter 1 mm, dan dapat dilihat pada Gambar 4.12:



**Gambar 4.12** Hasil Densitas Mikroalga Perlakuan Aerasi Berdiameter 1 mm

Berdasarkan gambar 4.9 diatas merupakan diagram hasil densitas dengan perlakuan aerasi berdiameter 1 mm, dimana pada tekanan 0.5 bar terlihat pada diagram sebelum filtrasi didapatkan hasil densitas sebesar  $66.20 \times 10^4$  sel/ml, kemudian pada setelah filtrasi (aquarium) didapatkan sebesar  $50.97 \times 10^4$  sel/ml dan setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan hasil sebesar  $40.02 \times 10^4$  sel/ml. Pada tekanan 0.75 bar dimana telah dihitung densitas mikroalga didapatkan nilai sebelum filtrasi sebesar  $38.53 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan nilai sebesar  $34.40 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapaatkan nilai sebesar  $29.27 \times 10^4$  sel/ml. Selanjutnya pada tekanan 1 bar, didapatkan hasil densitas sebelum filtrasi yaitu sebesar  $38.07 \times 10^4$  sel/ml, untuk setelah filtrasi (aquarium) didapatkan nilai sebesar  $35.33 \times 10^4$  sel/ml, dan untuk setelah filtrasi (gelas ukur) didapatkan nilai sebesar  $27.60 \times 10^4$  sel/ml. Pada ketiga diagaram diatas terlihat hasil densitas yang paling tinggi pada sebelum filtrasi yaitu pada tekanan 0.5 bar yaitu sebesar  $66.20 \times 10^4$  sel/ml, dan terendah pada tekanan 1 bar yaitu  $38.07 \times 10^4$  sel/ml. Kemudian untuk setelah filtrasi (aquarium)



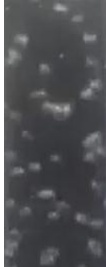
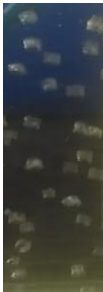


didapatkan hasil tertinggi pada tekanan 0.5 bar sebesar  $50.97 \times 10^4$  sel/ml dan terendah pada tekanan 0.75 bar yaitu sebesar  $34.40 \times 10^4$  sel/ml. Selanjutnya untuk yang setelah filtrasi (gelas ukur) di dapatkan hasil densitas tertinggi yaitu pada tekanan 0.5 bar sebesar  $40.02 \times 10^4$  sel/ml dan terendah pada tekanan 1 bar sebesar  $27.60 \times 10^4$  sel/ml.










Ketiga penjelasan mengenai hasil densitas diatas dipengaruhi oleh beberapa faktor, sehingga menyebabkan hasil yang didapat fluktuatif. Beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu seperti penyumbatan pori-pori membran yang menyebabkan alga tidak dapat terfiltrasi dengan baik, kemudian juga dikarenakan pengaruh suhu, cahaya dan salinitas air. Menurut Sidabutar, 1999 *dalam* Regista (2017), menyatakan bahwa peningkatan suhu air menyebabkan peningkatan aktivitas sel sehingga metabolisme berjalan lebih cepat. Akan tetapi suhu yang tinggi menyebabkan kematian dengan cepat. Dari pengamatan suhu ruangan diperoleh hasil bahwa suhu ruangan berkisar antara 19-25°C. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan bahwa suhu optimal untuk pertumbuhan mikroalga berkisar 15°C sampai 30°C (Sutomo, 2005).

Cahaya merupakan kebutuhan utama bagi *Chlorella sp.* karena mikroalga ini adalah organisme fototrof. Cahaya dibutuhkan untuk proses fotosintesis dan hasil dari fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Menurut Regista (2017), proses fotosintesis dari *Chlorella vulgaris* membutuhkan intensitas cahaya antara 3000 – 30.000 lux. Nilai ini masih berada pada kisaran intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh *Chlorella vulgaris*. Faktor lingkungan lain yang terukur adalah salinitas. Salinitas media kultur yang terukur sebesar 30 ppm. *Chlorella vulgaris* dapat tumbuh optimal pada salinitas 25-34 ppm, sementara salinitas 15 ppm tumbuh lambat dan tidak tumbuh pada salinitas 0 ppm dan 60 ppm (Rostini, 2007).




#### 4.5 Pengaruh Ukuran Gelembung Terhadap *Fouling*

Pada penelitian ini aerasi digunakan untuk mencegah penumpukan *fouling* dan agar tidak menyebabkan penurunan terhadap fluks yang dihasilkan. Berikut adalah gambar penampakan gelembung aerasi diambil terdekat dengan membran yang digunakan selama penelitian.

A. 	B. 	C. 
Diameter 0.7 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 1)	Diameter 0.7 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 1)	Diameter 0.7 mm (P = 1 bar, Ulangan 1)
D. 	E. 	F. 
Diameter 1 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 1)	Diameter 1 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 1)	Diameter 1 mm (P = 1 bar, Ulangan 1)

G.		H.		I.	
Diameter 0.7 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 2)		Diameter 0.7 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 2)		Diameter 0.7 mm (P = 1 bar, Ulangan 2)	
J.		K.		L.	
Diameter 1 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 2)		Diameter 1 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 2)		Diameter 1 mm (P = 1 bar, Ulangan 2)	
M.		N.		O.	
Diameter 0.7 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 3)		Diameter 0.7 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 3)		Diameter 0.7 mm (P = 1 bar, Ulangan 3)	



P.		Q.		R.	
Diameter 1 mm (P = 0.5 bar, Ulangan 3)		Diameter 1 mm (P = 0.75 bar, Ulangan 3)		Diameter 1 mm (P = 1 bar, Ulangan 3)	

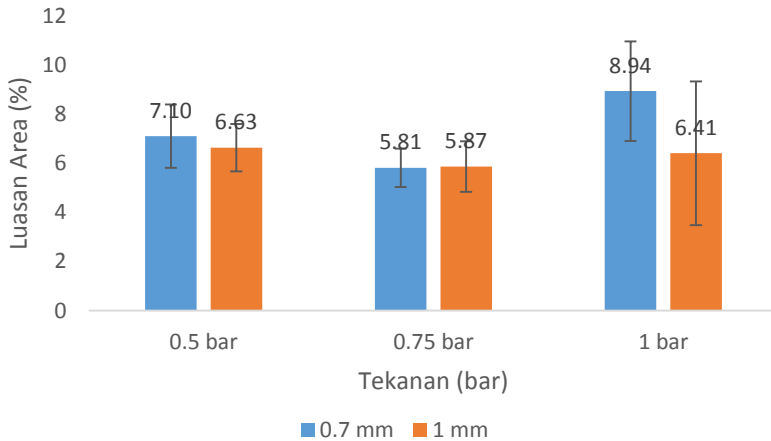
**Gambar 4.13** Gambar Penampakan Fisik Gelembung Aerasi

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, telah didapatkan gambar penampakan fisik gelembung aerasi. Dimana pada penelitian ini menggunakan diameter aerasi sebesar 0.7 mm dan 1 mm. Selain itu menggunakan variasi tiga tekanan yaitu 0.5 bar, 0.75 bar, dan 1 bar. Pada pengambilan gambar penampakan fisik gelembung ini dengan merekam saat gelembung sedang bekerja, selanjutnya dari video tersebut dijadikan gambar dan dihitung menggunakan *Image J*. Hasil pengamatan yang didapatkan adalah seperti pada gambar 4.10 A hingga R.

Gambar A, B, dan C merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 0.7, kemudian D, E, dan F merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 1 mm pada ulangan 1. Kemudian gambar G,H, dan I merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 0.7, selanjutnya untuk gambar J,K, dan L merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 1 mm pada ulangan 2. Selanjutnya pada gambar M,N dan O merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 0.7, dan gambar P,Q, dan R

merupakan gambar penampakan fisik dari gelembung aerasi dengan diameter 1 mm pada ulangan 3. Pada gambar penampakan fisik gelembung aerasi dengan diameter 0.7 mm terlihat gelembung yang dihasilkan terlihat gelembung-gelembung yang dihasilkan dari pipa cukup banyak dan lebih cepat dalam mengeluarkan gelembung. Sedangkan penampakan fisik gelembung aerasi dengan diameter 1 mm terlihat gelembung yang dihasilkan terlihat lebih sedikit dan dalam mengeluarkan gelembung lebih lama dari pipa aerasi berdiameter 0.7 mm.

Pada penampakan gambar fisik gelembung aerasi untuk hasil lebih akurat dilakukan perhitungan rata-rata luasan area gelembung aerasi yang dihasilkan menggunakan aplikasi pengolahan gambar *image J* yang dapat digunakan untuk menghitung luas area gelembung saat aerasi pada gambar. Perhitungan presentase luasan gelembung yang dihasilkan dengan alas an apabila dilakukan perhitungan terhadap jumlah gelembung maka akan didapatkan hasil yang kurang akurat, sebab gelembung besar adalah dihitung 1, sehingga jumlah gelembung menjadi kurang akurat oleh karena itu dilakukan perhitungan luasan gelembung aerasi agar didapatkan hasil yang lebih efisien dan akurat. Berikut adalah grafik hasil perhitungan luasan gelembung aerasi menggunakan aplikasi *Image J*. Berikut dibawah ini merupakan grafik luasan penampakan gelembung aerasi dengan menggunakan *image j* dapat dilihat pada Gambar 4.14:



**Gambar 4.14** Diagram Persentase Luasan penampakan Gelembung Aerasi dengan menggunakan Aplikasi *Image J*

Pada gambar 4.11 dapat diamati persentase luas gelembung aerasi. Persentase luasan dihitung dari foto yang didapatkan dari proses pengamatan selama filtrasi dengan diameter masing-masing 0.7 mm dan 1 mm. Rerata luasan gelembung aerasi pada diameter 0.7 mm yaitu tekanan 0.5 bar sebesar 7.10%, untuk tekanan 0.75 sebesar 5.81% dan pada tekanan 1 bar sebesar 8.94%. Sedangkan pada aerasi dengan diameter 1 mm, untuk tekanan 0.5 bar sebesar 6.63%, untuk tekanan 0.75 sebesar 5.87% dan untuk tekanan 1 bar sebesar 6.41%. Hasil perhitungan persentase luasan yang didapatkan dengan menggunakan aplikasi *Image J*, dengan menghitung menggunakan aplikasi tersebut dapat membantu mengetahui berapa banyak dan luas areanya. Semakin kecil diameter aerasi yang digunakan, maka jumlah gelembung aerasi yang keluar semakin banyak sehingga dengan adanya aerasi tidak ada *fouling* yang menempel pada membran. Kemudian semakin besar diameter aerasi yang digunakan maka jumlah gelembung aerasi yang dikeluarkan lebih sedikit, dengan menggunakan aerasi ini dapat mengurangi

terjadinya fouling pada membran. Tetapi pada gelembung aerasi ini lebih maksimal menggunakan aerasi dengan diameter 0.7 mm.

Menurut (Akhsani, 2016) selama terjadi relaksasi aerasi pada membran membantu pembaharuan padatan biomassa di sekitarnya dari permukaan membran, dan juga memiliki efek menjelajahi permukaan membran sehingga menghilangkan padatan. Menurut (Widjaja, 2009) *fouling* merupakan proses terdosisinya *Soluble Microbial Product* (SMP), yaitu produk metabolisme mikroorganisme dalam bioreaktor, bahan organik dan biomassa yang menyumbat pori-pori membran dan menyebabkan menurunnya flux permeat terhadap waktu operasi tertentu. SMP dapat berupa *humic substance*, karbohidrat, protein, lemak dan garam mineral lainnya.

#### **4.6 Membandingkan Hasil Penelitian yang Telah Dilakukan Dengan Hasil Penelitian Terdahulu**

Berikut di bawah ini adalah hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil penelitian terdahulu:

**Tabel 4.1** Perbandingan Hasil Penelitian yang Telah Dilakukan Dengan Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Sumber	Judul Penelitian	Metode yang digunakan	Hasil Nilai Flux yang dihasilkan
1.	Bilad (2012)	<i>Novel Magneticall y Induced Membrane Vibration (MMV) For Fouling Control in Membrane Bioreactors</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan dua membran yaitu <i>Polieilen Klorinasi (PEK)</i> dan <i>Polivinilidena Fluoride (PVDFT)</i> berbentuk <i>flat sheet</i>. Volume yang digunakan 18,6L.</li> <li>2. Pengoperasian ditambahkan dengan variasi yang diberi aerasi dan tidak diberi aerasi.</li> </ol>	Skala pabrik menghasilkan nilai flux sebesar 0.005 L/m <sup>2</sup> s.
2.	Anisa (2016)	Pemanenan Biomassa Mikroalga ( <i>Botryococcus Braunii</i> ) Menggunakan an Membran Ultrafiltrasi dengan Mode Filtrasi <i>Dead End</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metode yang digunakan menggunakan membran ultrafiltrasi dengan modul <i>hollow fiber</i>. Membran berbahan <i>Polisulfon</i>.</li> <li>2. Tekanan yang digunakan yaitu 1 bar, 1,5 bar dan 2 bar.</li> </ol>	Tekanan 2 bar Backwash: 10x10 <sup>-3</sup> L/m <sup>2</sup> .s sampai 12x10 <sup>-3</sup> L/m <sup>2</sup> s.

No.	Sumber	Metode yang digunakan	Hasil Nilai Flux yang dihasilkan
3.	Hasil Penelitian (2018)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metode membran ultrafiltrasi dengan modul flat sheet berbahan dasar <i>Polietersulfon</i>.</li> <li>2. Variasi tekanan yaitu 0.5 bar, 0.75 bar dan 1 bar dan menggunakan tekanan aliran.</li> <li>3. Variasi diameter aerasi yaitu 0.7 mm dan 1 mm.</li> </ol>	Aerasi 1 mm Tekanan 0.5 bar: 2.40 L/m <sup>2</sup> .s

Pada hasil yang telah disampaikan diatas terdapat beberapa perbedaan seperti metode yang digunakan, tekanan, dan penggunaan aerasi. Pada penelitian ini dengan menggunakan metode membran ultrafiltrasi dengan modul *flat sheet*. Nilai flux pada saat filtrasi dengan menggunakan aerasi berdiameter 1 mm dengan tekanan 0.5 bar ini yang menghasilkan nilai flux yang lebih besar dan konstan. Didapatkan nilai flux sebesar 2.40 L/m<sup>2</sup>.s

Pada saat filtrasi dengan menggunakan *backwash* terjadi penurunan. Setiap 6 kali filtrasi dilakukan *backwash* atau pencucian balik. Untuk hasil yang didapat antara menggunakan aerasi maupun *backwash* sebenarnya tidak jauh berbeda, tetapi terlihat dari penggunaan aerasi hasil nilai flux yang didapatkan relatif konstan daripada menggunakan *backwash*.

Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian Anisa (2016), menggunakan metode membran ultrafiltrasi dengan modul *hollow fiber* lebih efektif menggunakan membran modul *flat sheet*,

dikarenakan nilai flux yang dihasilkan lebih tinggi dan karena dibantu dengan adanya gelembung aerasi yang membuat *fouling* pada permukaan membran dapat berkurang selama proses filtrasi.

